

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10)

PL 247349 B1

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **444701**

(22) Data zgłoszenia: **2023.04.28**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2024.11.04 BUP 45/2024**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.06.16 WUP 24/2025**

(51) MKP:

F17C 9/02 (2006.01)

F02M 21/06 (2006.01)

F02B 43/10 (2006.01)

F02G 5/00 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**HORUS-ENERGIA SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Sulejówek, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

SYLWESTER JĘDRA, Warszawa, PL

ROBERT PODGÓRSKI, Warszawa, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Michał Jędrzejewski, Warszawa, PL

(54) Tytuł:

**Zestaw odparowania gazu skroplonego LNG w kompaktowych, mobilnych systemach,
niewymagających fundamentów**

PL 247349 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem patentu jest zestaw odparowania gazu skroplonego LNG w kompaktowych, mobilnych systemach, niewymagających fundamentów współpracujący z agregatem kogeneracyjnym lub prądotwórczym poprzez bezpieczne/indywidualne odparowanie LNG oraz kondycjonowanie odparowanego gazu do nadciśnienia i temperatury wymaganych przez zasilany agregat, skojarzony z agregatem kogeneracyjnym lub prądotwórczym.

Obecnie w przypadku braku wystarczającej sieci dystrybucyjnej gazu jako źródło gazu do urządzeń gazowych jest coraz częściej wykorzystywane LNG po odparowaniu. Na ogół są to instalacje stacjonarne. Do regazyfikacji LNG jest wymagane źródło ciepła. Używa się dwóch typów parownic klasyfikując ze względu na źródło ciepła: parownice powietrzne i parownice wodne/mokre.

Często stosowaną z powodów ekonomicznych formą regazyfikacji LNG jest wykorzystywanie wymienników ciepła powietrze-gaz tj. tzw. parownic powietrznych, w których źródłem ciepła jest otaczające powietrze. Rozwiązania te mają szereg wad. Głównie to wielkość (gabaryty parownic) i konieczność okresowego przełączania stopniowo zamarzającej parownicy na drugą. Ze względu na budowę parownic powietrznych przełączanie skutkuje wyrzutem do zasilanych urządzeń gazu o diametralnie innym składzie niż w czasie pracy parownicy. Prowadzi to do zakłóceń pracy zasilanych urządzeń, z wyłączeniami agregatu włącznie.

Innym rodzajem urządzeń do odparowywania są wymienniki ciepła ciecz-gaz tzw. parownice cieczowe lub mokre. Są to parownice które mogą pracować w sposób ciągły, wymagają jednak zewnętrznego źródła ciepła. Jako źródło ciepła do regazyfikacji najczęściej jest używane ciepło pochodzące ze spalania gazu z regazyfikacji. Obniża to sprawność regazyfikacji oraz powoduje emisję gazów (spaliny z kotła wytwarzającego ciepło) do atmosfery.

W niektórych rozwiązaniach używane jest ciepło pochodzące z grzałek elektrycznych. Jeżeli są to grzałki dużej mocy zapewniającej pełne odparowanie dużych ilości gazu, to jest to rozwiązanie nierozsądne ekonomicznie i techniczne, gdyż zużywa najwsszechstronniejszy rodzaj energii tj. energie elektryczną do prostej czynności jaką jest grzanie.

Istnieją też układy regazyfikacji zasilane ciepłem zewnętrznym wobec układu regazyfikacji. Mają one sens w sytuacji wykorzystywania ciepła naprawdę odpadowego.

Zastrzegane rozwiązanie eliminuje wady powyższych rozwiązań. Do regazyfikacji jest używana tzw. parownica cieczowa czyli wymiennik ciepła ciecz-gaz, która w odróżnieniu od parownic powietrznych nie wymaga okresowych przełączeń. Jako źródło ciepła w czasie pracy zasilanego agregatu jest wykorzystywane ciepło z chłodnicy mieszanki paliwowo-powietrznej, które jest w praktyce ciepłem całkowicie odpadowym. Przy rozruchu agregatu (brak ciepła z chłodnicy mieszanki paliwowo-powietrznej) ciepło jest pobierane z zasobnika ciepła. Jest to zasobnik ciepła typu cieczowego. Zasobnik jest w czasie postoju agregatu doładowywany grzałką elektryczną małej mocy. W sytuacji wyłączania agregatu ciepło z wychładzania silnika jest gromadzone w zasobniku ciepła.

W przypadku zespołów kogeneracyjnych bazujących na silnikach tłokowych jako ciepło użytkowe są wykorzystywane w praktyce ciepło z chłodzenia bloku silnika oraz ciepło ze spalin. Ciepłem które w ogromnej większości jest ciepłem rozpraszającym na chłodnicach jest ciepło wychwytywane w procesie chłodzenia mieszanki paliwowo-powietrznej. Jest to ciepło oddawane w chłodnicach mieszanki paliwowo-powietrznej tj. w tzw. intercoolerze. Praktycznie wszystkie dzisiejsze silniki gazowe powyżej stukiludziesięciu kW są wyposażone w chłodnicę mieszanki paliwowo-powietrznej. Rozpraszanie tego ciepła wynika z jego niskiej użyteczności wynikającej ze stosunkowo niskich temperatur płynu chłodzącego możliwych do uzyskania. Temperatury te dla chłodnic mieszanki paliwowo-powietrznych silników gazowych w wyjątkowych sytuacjach przekraczają 45°C.

Silnik będący częścią agregatu w sytuacji wyłączenia należy schłodzić z temperatury pracy (ok. 85°C płynu chłodzącego) do temperatury bezpiecznej dla mechanizmów silnika (ok. 60°C). Jest to realizowane pracą agregatu bez obciążenia (tzw. wybieg) oraz na ogół dodatkową cyrkulacją pompy obiegowej płynu chłodzącego przez kilka minut po zatrzymaniu silnika. W czasie wychładzania ciepło z silnika jest rozpraszane do atmosfery, najczęściej w chłodnicy wentylatorowej.

Zestaw odparowania gazu skroplonego LNG w kompaktowych, mobilnych systemach, niewymagających fundamentów zawierający jednostkę regazyfikacji umieszczoną w ochronnej samonośnej obudowie bezpieczeństwa, kolektor z króćcami do podłączenia źródła LNG z cystern kriogenicznych według wynalazku charakteryzuje się tym, że jednostka regazyfikacji zawiera wymiennik ciepła ciecz-gaz peł-

niący funkcję parownika, z orurowaniem i regulacją, przyłączy dla ciepła zewnętrznego z agregatu kogeneracyjnego lub prądotwórczego, rozruchowe/rezerwowe źródło ciepła wyposażone w cieczowy zasobnik ciepła, grzałkę elektryczną małej mocy, zbiornik buforowy gazu z elementami kondycjonowania gazu, przy czym zbiornik buforowy jest izolowany termicznie oraz posiada możliwość podgrzania gazu ciepłem z zasobnika ciepła, układ sterowania całością urządzeń wraz z układem zabezpieczeń i przyłączami komunikacyjnymi z agregatem, przyłączy potrzeb własnych elektrycznych, przy czym zestaw posiada co najmniej jeden dwururowy, izolowany cieplnie kolektor z króćcami do podłączenia jednostki regazyfikacji do źródła LNG, przy czym pierwsza rura kolektora służy do doprowadzenia LNG do jednostki regazyfikacji, zaś druga rura służy do doprowadzenia gazu odparowanego w cysternach lub ich układach regulacji ciśnienia do jednostki regazyfikacji, a połączenia rur kolektora z elementami zestawu są wykonane jako co najmniej częściowo elastyczne, izolowane cieplnie i wyposażone w szybkozłącza, przy czym kolektor projektowany jest jako modułowy a do jednego modułu kolektora podłączyć można co najmniej jedną jednostkę regazyfikacji i co najmniej jedną cysternę kriogeniczną, przy czym liczba cystern jest zależna od wielkości zasilanego przez zestaw agregatu kogeneracyjnego lub prądotwórczego oraz zakładanego czasu pracy tego zespołu z jednego tankowania LNG, przy czym zestaw skonfigurowany jest w ten sposób, że

- 1) do regazyfikacji w czasie pracy agregatu jest wykorzystywane ciepło z chłodnicy mieszanki paliwowo-powietrznej silnika spalinowego agregatu; i/lub
- 2) do regazyfikacji w czasie rozruchu agregatu jest używane ciepło z cieczowego zasobnika ciepła; i/lub
- 3) cieczowy zasobnik ciepła jest ładowany ciepłem z wychłodzenia silnika spalinowego agregatu podczas jego zatrzymania i bezpośrednio po nim; i/lub
- 4) cieczowy zasobnik ciepła posiada także jako źródło ciepła grzałkę elektryczną małej mocy; i/lub
- 5) spalanie regazyfikowanego gazu nie jest normalnym źródłem ciepła do odparowywania gazu oraz brak emisji gazu z autoodparowania.

Korzystnie, jednostka regazyfikacji posiada możliwość przyłączenia dodatkowego, w szczególności serwisowego źródła ciepła w postaci przenośnego ogrzewacza i połączonego z jednostką regazyfikacji poprzez przyłącza.

Korzystnie, połączenia rur kolektora z elementami zestawu są wykonane ze stali.

Korzystnie, kolektor znajduje się na podstawie z nóżkami.

Przedmiot wynalazku został przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schematyczną budowę zestawu według wynalazku, zaś fig. 2 schematyczną budowę jednostki regazyfikacji.

Zestaw odparowania gazu skroplonego LNG w kompaktowych, mobilnych systemach, niewymagających fundamentów zawiera jednostkę regazyfikacji (2) umieszczoną w ochronnej samonośnej obudowie bezpieczeństwa z układem wentylacji (typu kontener stalowy, z odpowiednią izolacją warstwową ścian lub podobny), kolektor z króćcami do podłączenia źródła LNG z cystern kriogenicznych (1A, 1B, 1C). Jednostka regazyfikacji (2) zawiera wymiennik ciepła ciecz-gaz pełniący funkcje parownika (2B) z orurowaniem i regulacją, przyłączy dla ciepła zewnętrznego (2H) z agregatu (3) kogeneracyjnego lub prądotwórczego, rozruchowe/rezerwowe źródło ciepła wyposażone w cieczowy zasobnik ciepła (2D), grzałkę elektryczną małej mocy (2C), zbiornik buforowy gazu (2A) z elementami kondycjonowania gazu, przy czym zbiornik buforowy (2A) jest izolowany termicznie oraz posiada możliwość podgrzania gazu ciepłem z cieczowego zasobnika ciepła (2D), układ sterowania (2F) całością urządzeń wraz z układem zabezpieczeń i przyłączami komunikacyjnymi z agregatem (3), przyłączy potrzeb własnych elektrycznych (2G). Zestaw posiada co najmniej jeden dwururowy, izolowany cieplnie kolektor z króćcami do podłączenia jednostki regazyfikacji (2) do źródła LNG przy czym pierwsza rura (1F) kolektora służy do doprowadzenia LNG do jednostki regazyfikacji (2), zaś druga rura (1D) służy do doprowadzenia odparowanego w cysternach (1A, 1B, 1C) lub ich układach regulacji ciśnienia gazu do jednostki regazyfikacji (2), a połączenia (1E, 1G) rur kolektora z elementami zestawu są wykonane jako co najmniej częściowo elastyczne, izolowane cieplnie i wyposażone w szybkozłącza, przy czym kolektor projektowany jest jako modułowy (odpowiednią wielkość/długość kolektora uzyskuje się poprzez połączenie kolejnych segmentów-modułów przy wykorzystaniu standardowych elementów łączących), a do jednego modułu kolektora podłączyć można co najmniej jedną jednostkę regazyfikacji i co najmniej jedną cysternę krioge-

niczną (1A, 1B, 1C, ...). Liczba cystern (1A, 1B, 1C, ...) jest zależna od wielkości zasilanego przez zestaw agregatu (3) prądotwórczego lub kogeneracyjnego oraz zakładanego czasu pracy tego zespołu z jednego tankowania LNG, przy czym zestaw skonfigurowany jest w ten sposób, że:

- 1) do regazyfikacji w czasie pracy agregatu (3) jest wykorzystywane ciepło z chłodnicy mieszanki paliwowo-powietrznej silnika spalinowego agregatu (3);
- 2) do regazyfikacji w czasie rozruchu agregatu (3) jest używane ciepło z cieczowego zasobnika ciepła (2D);
- 3) cieczowy zasobnik ciepła (2D) jest ładowany ciepłem z wychłodzenia silnika spalinowego agregatu (3) podczas jego zatrzymania i bezpośrednio po nim;
- 4) cieczowy zasobnik ciepła (2D) posiada także jako źródło ciepła grzałkę elektryczną małej mocy (2C), w szczególności zasilaną „zieloną” energią elektryczną;
- 5) spalanie regazyfikowanego gazu nie jest bezpośrednim źródłem ciepła do odparowywania gazu oraz brak emisji gazu z autoodparowania.

Jako źródło ciepła niezbędnego do regazyfikacji jest wykorzystywane ciepło odpadowe z zasilanego agregatu oraz w okresie postojowym grzałka elektryczna małej mocy (2C) (zwykle maksymalnie do 1,5 kW).

Jednostka regazyfikacji (2) wyposażona jest w pompkę cyrkulacyjną medium z cieczowego zasobnika ciepła (2D).

Ponadto jednostka regazyfikacji (2) może posiadać możliwość przyłączenia dodatkowego, w szczególności serwisowego, źródła ciepła w postaci przenośnego ogrzewacza i połączonego z jednostką regazyfikacji (2) poprzez przyłącza np. na połączeniach rurowych łączących agregat (3) z jednostką regazyfikacji (2).

Ilość cystern kriogenicznych (1A, 1B, 1C itd., na rysunku przedstawiono 3 cysterny) uzależniona jest od zakładanego przeznaczenia. Możliwe jest użycie cystern handlowo dostępnych.

W czasie uruchamiania silnika agregatu (3) gaz jest pobierany ze zbiornika buforowego (2A). Z uwagi na to, iż wiele współczesnych silników posiada ograniczenie minimalnej temperatury gazu zasilającego, zbiornik buforowy (2A) posiada izolację termiczną oraz układ podgrzewania. Energia do podgrzewania jest pobierana z cieczowego zasobnika ciepła (2D). Układ sterowania (2F) steruje procesem, wykorzystując głównie czujniki temperatury. Zbiornik buforowy (2A) jest izolowany termicznie po to, żeby w warunkach postoju, szczególnie w okresie zimowym gaz w zbiorniku buforowym (2A) nie wychładzał się. Po uruchomieniu silnika agregatu (3) zaczyna pracować główny parownik tj. wymiennik ciepła cieczz-gaz (2B). Ciepło do odparowania skroplonego gazu jest początkowo pobierane z cieczowego zasobnika ciepła (2D). Chłodnice mieszanki paliwowo-powietrznej współczesnych silników realnie zaczynają produkować istotne ilości ciepła dla obciążenia silnika wynoszącego 50% znamionowego i więcej. Praca z mniejszymi obciążeniami jest zdecydowanie niezalecana dla takich silników. Zatem w czasie rzeczywistej pracy agregatu (3) chłodnica mieszanki paliwowo-powietrznej jest wystarczającym źródłem ciepła. Układ sterowania (2F) bazując na danych o zgromadzonym cieple oraz cieple dopływającym z chłodnicy mieszanki paliwowo-powietrznej określa, czy cieczowy zasobnik ciepła (2D) doładowywać grzałką (2C) czy też (w sytuacji nietypowej) doładować ciepłem z płaszcza silnika agregatu (3) (jak w czasie wychładzania silnika w czasie zatrzymania). W czasie normalnej pracy agregatu (3) wymiennik ciepła cieczz-gaz (2B) jest zasilany na bieżąco ciepłem z chłodnicy mieszanki paliwowo-powietrznej silnika agregatu (3). W czasie zatrzymywania agregatu (3) układ sterowania (2F) komunikuje się z automatyką agregatu (3), w celu doprowadzenia ciepła wychładzania silnika do cieczowego zasobnika ciepła (2D) i zgromadzeniu tego ciepła w tym cieczowym zasobniku ciepła (2D). Proces regazyfikacji ze względu na bezwładność cieplną nie jest procesem wyłączalnym w ułamkach sekund. Powstający w czasie zatrzymywania procesu gaz jest gromadzony w zbiorniku buforowym (2A). Gaz ulegający autoodparowaniu w cysternach (1A, 1B, 1C, ...) jest zbierany poprzez drugą rurę (1D) kolektora i przekazywany do zbiornika buforowego (2A).

Gaz w jednostce regazyfikacji (2) między poszczególnymi elementami jest transportowany połączeniami rurowymi. Najpierw faza ciekła (LNG) przepływa do wymiennika ciepła cieczz-gaz (2B). Gaz odparowany przepływa do zbiornika buforowego (2A). Do zbiornika buforowego (2A) połączeniami rurowymi dopływa także gaz z samooodparowania doprowadzany do przyłącza zewnętrznego Jednostki. Ze zbiornika buforowego poprzez elementy kondycjonowania gaz połączeniami rurowymi jest wyprowadzony na zewnątrz Jednostki i dalej do agregatu kogeneracyjnego. Zasobnik ciepła (2D) jest typu cieczowego. Przewidziany do użycia jest wodny roztwór glikolu. Ciepło jest transportowane połącze-

niami rurowymi, w sposób zapewniający cyrkulację tzn. do każdego elementu jest doprowadzony dopływ/zasilanie (cieplejsze medium) i odprowadzony odwrotnie odpływ/powrót (zimniejsze medium). Z przyłącza ciepła (2H) są wykonane połączenia do wymiennika ciepła ciecz-gaz (2B) (dla zasilania bezpośredniego) oraz do cieczowego zasobnika ciepła (2D). Z cieczowego zasobnika ciepła (2D) są wykonane połączenia do wymiennika ciepła ciecz-gaz (2B), grzałki (2C) oraz zbiornika buforowego (2A). W odpowiednich miejscach połączeń są przewidziane zawory 3-drogowe (niewyszczególnione na rysunku), sterowane z układu sterowania (2F), które kierują medium będące nośnikiem ciepła do odpowiedniego elementu.

Z przyłącza elektrycznego (2G) przewodami elektrycznymi jest doprowadzone zasilanie do układu sterowania (2F). Układ sterowania (2F) jest połączony przewodami zasilającymi i sterowniczymi ze wszystkimi elementami jednostki regazyfikacji. Dodatkowo układ sterowania (2F) jest połączony komunikacyjnie przewodem z automatyką agregatu kogeneracyjnego (3).

Na rysunkach nie wyszczególniano elementów bezpieczeństwa, w szczególności zaworów bezpieczeństwa cystern, wymiennika ciepła ciecz-gaz i zbiornika buforowego.

Zestaw jest całkowicie niezależny od sieci dystrybucyjnej czy przesyłowej gazu ziemnego. Zestaw jest skalowalny i dopasowywany do zasilanego agregatu kogeneracyjnego lub prądotwórczego. Podstawowy przykładowy model zapewnia zasilanie agregatu o mocy 1 MWe, czyli wydatek rzędu 260 Nm³/h.

Dzięki zastosowanym rozwiązaniom zestaw zużywa minimalne ilości zewnętrznej energii elektrycznej oraz nie zużywa regazyfikowanego gazu. Dzięki nieustannie wzrastającej zawartości „zielonej” energii w sieci oraz zero emisyjności samego zestawu (brak spalania gazu jako źródła energii cieplnej do regazyfikacji i wykorzystanie gazu z samoodparowania) zestaw jest znacznie bardziej ekologiczny od innych funkcjonujących rozwiązań na rynku.

Zastrzeżenia patentowe

1. Zestaw odparowania gazu skroplonego LNG w kompaktowych, mobilnych systemach, niewymagających fundamentów zawierający jednostkę regazyfikacji umieszczoną w ochronnej samonośnej obudowie bezpieczeństwa, kolektor z króćcami do podłączenia źródła LNG z cystern kriogenicznych, **znamienny tym**, że jednostka regazyfikacji (2) zawiera wymiennik ciepła ciecz-gaz pełniący funkcję parownika (2B) z orurowaniem i regulacją, przyłączy dla ciepła zewnętrznego z zasilanego agregatu (3) kogeneracyjnego lub prądotwórczego, rozruchowe/rezerwowe źródło ciepła wyposażone w cieczowy zasobnik ciepła (2D), grzałkę elektryczną małej mocy (2C), zbiornik buforowy gazu (2A) z elementami kondycjonowania gazu, przy czym zbiornik buforowy (2A) jest izolowany termicznie oraz posiada możliwość podgrzania gazu ciepłem z cieczowego zasobnika ciepła (2D), układ sterowania (2F) całością urządzeń wraz z układem zabezpieczeń i przyłączami komunikacyjnymi z agregatem (3), przyłączy potrzeb własnych elektrycznych (2G), przy czym zestaw posiada co najmniej jeden dwururowy, izolowany kolektor z króćcami do podłączenia jednostki regazyfikacji (2) do źródła LNG przy czym pierwsza rura (1F) kolektora służy do doprowadzenia LNG do jednostki regazyfikacji (2), zaś druga rura (1D) służy do doprowadzenia gazu odparowanego w cysternach (1A, 1B, 1C) lub ich układach regulacji ciśnienia do jednostki regazyfikacji (2), a połączenia (1E, 1G) rur kolektora z elementami zestawu, są wykonane jako co najmniej częściowo elastyczne, izolowane cieplnie i wyposażone w szybkozłącza, przy czym kolektor projektowany jest jako modułowy, a do jednego modułu kolektora podłączyć można co najmniej jedną jednostkę regazyfikacji i co najmniej jedną cysternę kriogeniczną, liczba cystern jest zależna od wielkości zasilanego przez zestaw agregatu kogeneracyjnego lub prądotwórczego oraz zakładanego czasu pracy tego zespołu z jednego tankowania LNG, przy czym zestaw skonfigurowany jest w ten sposób, że:
 - 1) do regazyfikacji w czasie pracy agregatu (3) jest wykorzystywane ciepło z chłodnicy mieszanki paliwowo-powietrznej silnika spalinowego agregatu (3); i/lub
 - 2) do regazyfikacji w czasie rozruchu agregatu (3) jest używane ciepło z cieczowego zasobnika ciepła (2D); i/lub
 - 3) cieczowy zasobnik ciepła (2D) jest ładowany ciepłem z wychłodzenia silnika spalinowego agregatu (3) podczas jego zatrzymania i bezpośrednio po nim; i/lub

- 4) cieczowy zasobnik ciepła (2D) posiada także jako źródło ciepła grzałkę elektryczną małej mocy (2C), w szczególności zasilaną „zieloną” energią elektryczną; i/lub
- 5) spalanie regazyfikowanego gazu nie jest bezpośrednim źródłem ciepła do odparowywania gazu oraz brak emisji gazu z autoodparowania.
2. Zestaw odparowania gazu skroplonego LNG według zastrz. 1, **znamienny tym**, że jednostka regazyfikacji (2) posiada możliwość przyłączenia dodatkowego, w szczególności serwisowego, źródła ciepła w postaci przenośnego ogrzewacza i połączonego z jednostką regazyfikacji (2) poprzez przyłącza.
3. Zestaw odparowania gazu skroplonego LNG według jednego z zastrz. od 1 do 2, **znamienny tym**, że połączenia (1E, 1G) rur kolektora z elementami zestawu są wykonane ze stali.
4. Zestaw odparowania gazu skroplonego LNG według jednego z zastrz. od 1 do 3, **znamienny tym**, że kolektor znajduje się na podstawie z nóżkami.

Rysunki

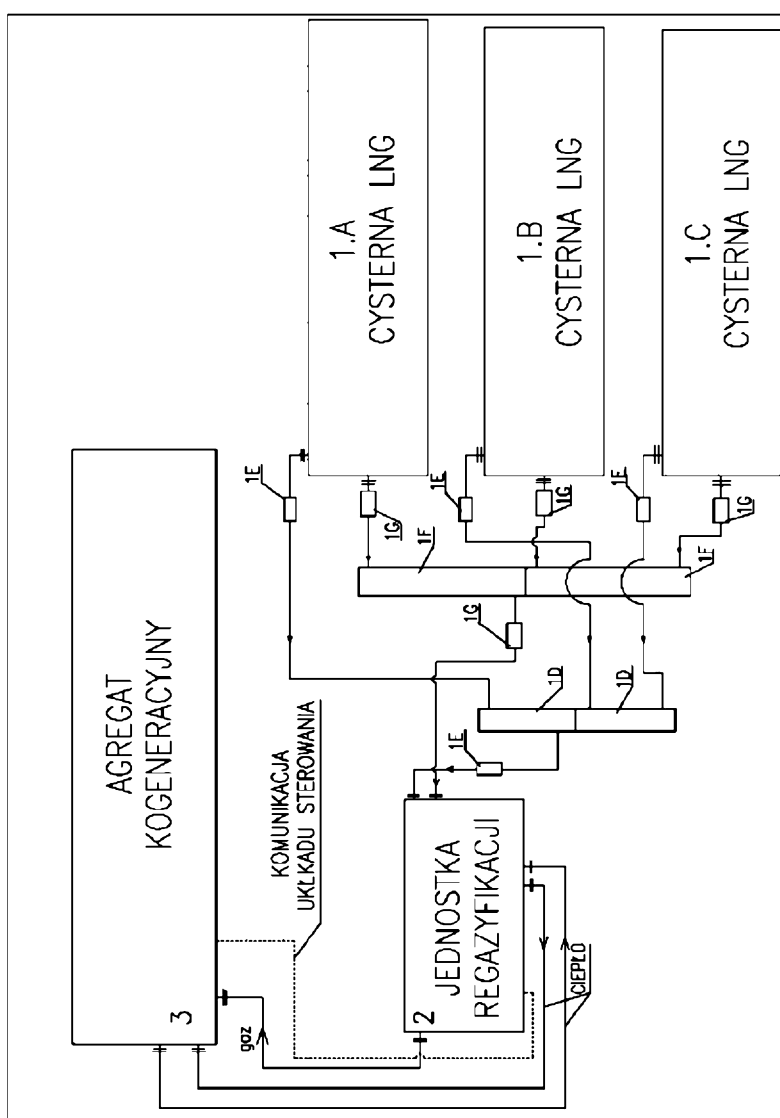


Fig. 1

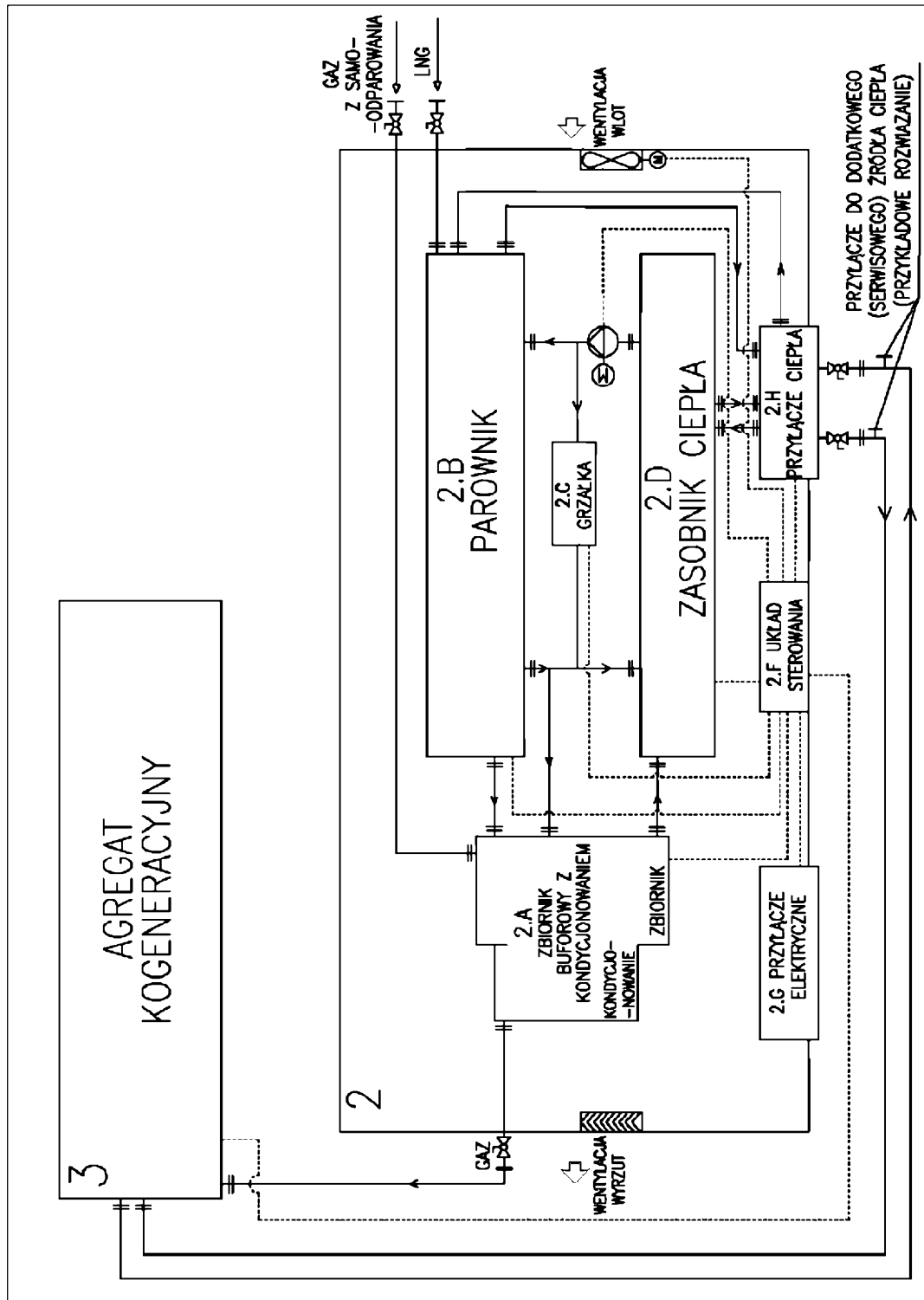


Fig. 2